

**ANALISIS KERUSAKAN DINI AKIBAT PERUBAHAN VOLUME  
LALU LINTAS PADA PERKERASAN LENTUR  
(STUDI KASUS : RUAS JALAN AHMAD YANI KARTASURA)**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**FAISAL RIFQI ARBANI**

**D 100 140 168**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2018**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISIS KERUSAKAN DINI AKIBAT PERUBAHAN VOLUME  
LALU LINTAS PADA PERKERASAN LENTUR  
(Studi Kasus: Ruas Jalan Ahmad Yani Kartasura)**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:

**FAISAL RIFQI ARBANI**

**D 100 140 168**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



**Ir. H. Agus Riyanto, M.T**

**NIDN : 0602036201**

**HALAMAN PENGESAHAN**


**ANALISIS KERUSAKAN DINI AKIBAT PERUBAHAN VOLUME LALU  
LINTAS PADA PERKERASAN LENTUR  
(Studi Kasus: Ruas Jalan Ahmad Yani Kartasura)**

Oleh :

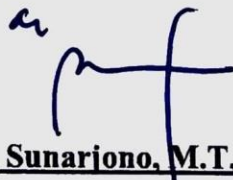
**FAISAL RIFOI ARBANI**  
NIM : D100 140 168

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji :**

- |   |                            |   |
|---|----------------------------|---|
| <b>1. Ir. H. Agus Riyanto, M.T</b>      | <b>(NIDN : 0602036201)</b> |  |
| <b>(Ketua Dewan Penguji)</b>            |                            | (.....)   |
| <b>2. Nurul Hidayati, S.T, M.T, PhD</b> | <b>(NIDN : 0609057102)</b> |  |
| <b>(Anggota I Dewan Penguji)</b>        |                            | (.....)   |
| <b>3. Ika Setiyaningsih, S.T, M.T</b>   | <b>(NIDN : 0629117501)</b> |  |
| <b>(Anggota II Dewan Penguji)</b>       |                            | (.....)   |

**Dekan,**

  
**Ir. Sri Sunarjono, M.T, PhD, IPM**  
NIDN : 0630126302

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta,

Penulis



**FAISAL RIFQI ARBANI**

**NIM : D100 140 168**

**ANALISIS KERUSAKAN DINI AKIBAT PERUBAHAN VOLUME LALU  
LINTAS PADA PERKERASAN LENTUR  
(STUDI KASUS : RUAS JALAN AHMAD YANI KARTASURA)**

**Abstrak**

Terjadinya perubahan volume lalu lintas pada Jalan Ahmad Yani Kartasura dapat memberikan dampak terhadap kondisi jalan dan umur sisa jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya jumlah volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) rencana dan *real*, mengetahui besarnya nilai pertumbuhan lalu lintas, dan mengetahui umur sisa jalan akibat perubahan volume lalu lintas yang terjadi pada jalan tersebut. Pengumpulan data LHR *real* (2018) diperoleh dari hasil survei di lapangan dan LHR rencana (2015) diperoleh dari SATKER P2JN. Data-data LHR tersebut diperlukan dalam perhitungan nilai pertumbuhan lalu lintas. Perhitungan umur sisa jalan menggunakan metode Bina Marga 2013 dan AASHTO 1993, yang diperoleh dari nilai jumlah kendaraan dan nilai *Ekivalen Standard Axle Load* (ESAL) kendaraan dalam keadaan normal. Berdasarkan hasil analisis jumlah kendaraan tahun 2015 sebesar 31,749 kendaraan dan tahun 2018 sebesar 34,539 kendaraan, dengan tingkat pertumbuhan lalu lintas sebesar 45,6% per tahun. Nilai *remaining life* diperoleh sebesar 92,58%, yang berarti umur sisa jalan hanya mengalami penurunan sebesar 8% selama 3 tahun terakhir. Jalan tersebut memang mengalami perubahan volume lalu lintas, namun tidak mempengaruhi terjadinya indikasi kerusakan dini dan umur sisa jalan tersebut habis tahun 2025.

**Kata kunci:** kerusakan dini, umur sisa jalan, LHR

**Abstract**

Changes in traffic volume on Ahmad Yani road of Kartasura give an impact on road conditions and the remaining life of the road. This study aims to determine the amount of the volume of Average Daily Traffic (ADT) 2015 and 2018, find out the magnitude of the value of traffic growth, and find out the age of the remaining road due to changes in traffic volume that occurred on the road. Real data collection (2018) was obtained from the results of a field survey and the data plan (2015) was obtained from the institution. These data are needed in calculating the value of traffic growth. Then the calculation of the remaining life of the road using the method by Bina Marga 2013 and AASHTO 1993, which is obtained from the value of the number of vehicles and the Equivalent Standard Axle Load (ESAL) value of the vehicle under normal conditions. Based on the results of the analysis of the number of vehicles in 2015 amounted to 31,749 vehicles and in 2018 amounted to 34,539 vehicles, with a traffic growth rate of 45.6% per year. On the calculation of the remaining life of the road, the remaining life value is 92.58%, which means that the remaining life of the road has only decreased

by 8% over the last 3 years. The road did indeed experience a change in traffic volume, but did not affect the occurrence of indications of early damage and the remaining life of the road was expired in 2025.

**Keywords:** premature failure, remaining life, ADT

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Ruas Jalan Ahmad Yani Kartasura merupakan Jalan Nasional sebagaimana yang dituangkan Pasal 9 ayat 2 tentang pengelompokan Jalan dalam Undang – undang No 38 tahun 2004 tentang Jalan, Jalan Nasional merupakan Jalan penghubung Kabupaten dan Provinsi, Jalan ini menghubungkan Kabupaten Sukoharjo dan Kota Surakarta, di jalan ini banyak dilalui kendaraan berat maupun kendaraan ringan. Kendaraan berat yang melewati jalan ini seperti truck, trailer dan bus yang melintas di jalan ini untuk mengantarkan barang, dan penumpang. Seiring dengan perkembangan waktu jumlah volume lalu lintas mengalami perubahan. Hal ini dapat mempengaruhi jumlah LHR (Lalu Lintas Harian Rata-rata) perubahan jumlah kendaraan dapat mempengaruhi umur rencana jalan atau biasa disebut dengan kerusakan dini.

Terjadinya perubahan volume lalu lintas pada Jalan Ahmad Yani, berpotensi memberikan dampak kerusakan pada perkerasan apabila jumlah volume kendaraan yang melewati jalan tersebut melebihi jumlah LHR yang direncanakan. Sesuai fungsinya sebagai Jalan Nasional yang merupakan infrastruktur penunjang terjadinya perpindahan barang maupun penumpang, Jalan Ahmad Yani direncanakan pada tahun 2015 (mengikuti data LHR rencana di tahun 2015) dengan umur rencana Jalan 10 tahun, dengan demikian jalan tersebut akan habis usianya pada tahun 2025 mendatang, namun seiring bertambahnya manusia berakibat terhadap bertambahnya volume LHR, sehingga berpengaruh terhadap sisa umur jalan yang berlaku serta perubahan volume kendaraan pada tahun 2018 yang mengakibatkan berkurangnya sisa umur jalan tersebut, apabila sisa umur jalan dihitung pada tahun 2018 maka, Jalan tersebut memiliki umur sisa perkerasan selama 7 tahun.

## **2. METODE**

### **2.1 Lokasi Penelitian**

Penelitian ini berlokasi di Jalan Ahmad Yani Kartasura yang dapat di lihat pada Gambar 1 berikut ini :



Gambar 1 Lokasi Penelitian  
(Sumber : <http://maps.google.com>)

## 2.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, diantaranya : Alat tulis, untuk mencatat data penelitian, *counter* digunakan untuk menghitung jumlah kendaraan yang di survei, Formulir survei. Arloji untuk menentukan pergantian waktu, Komputer sebagai alat pengolah data, kamera sebagai alat dokumentasi kegiatan.

## 2.3 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh berdasarkan survei dilapangan dengan melakukan *traffic counting* pada lokasi yang telah di tentukan selama 16 jam. Data sekunder berupa data jumlah Lalulintas Harian Rata rata (LHR) yang dikeluarkan oleh Satuan Kerja Pengawasan dan Perencanaan Jalan Nasional Jawa Tengah.

## 2.4 Metode Analisis

Untuk menganalisis hasil penelitian digunakan metode Binamarga 2013 dan beberapa rumus yang dikeluarkan oleh *AASHTO 1993* dengan mencari nilai LHR, Pertumbuhan Lalu lintas, Nilai *ESAL*, Nilai *VDF*, dan *Remaining Life*.

### 2.4.1 Lalu lintas Harian Rata rata

Data primer hasil penelitian bernilai 16 jam, maka untuk menjadi nilai LHR data tersebut harus bernilai 24 jam maka dicari nilai volume jam rata-rata seperti berikut ini:

$$VJR = \frac{\text{Volume Jam Ke } n}{\text{Lamanya survei } (n)} \times 24$$

dengan :

VJR = Volume kendaraan per jam yang akan di cari

Vol Jam ke n = Vol kendaraan selama 16 jam

Lama Survei = Lamanya waktu survei

#### 2.4.2 Pertumbuhan Lalu Lintas

Untuk mengetahui perubahan volume lalu lintas yang terjadi di jalan tersebut maka perlu dilakukan perhitungan pertumbuhan lalu lintas pertahunnya, yang dijelaskan di dalam Binamarga 2018, dapat dilihat pada persamaan berikut ini :

$$LHR_n = LHR_1 \times (1 + i)^n \quad (1)$$

Berdasarkan persamaan di atas untuk mencari nilai pertumbuhan lalu lintas digunakan rumus :

$$i = \left( \frac{LHR_n}{LHR_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (2)$$

dengan :

i = Faktor Pertumbuhan (% / Tahun)

n = Umur Rencana (Tahun – n)

LHR<sub>1</sub> = LHR Tahun Awal (Rencana)

LHR<sub>n</sub> = LHR Tahun Ke-n (*Real*)

#### 2.4.3 Nilai Vehicle Damage Factor (VDF)

Nilai VDF pada penelitian ini sesuai dengan data MST-10 (Muatan Sumbu Terberat - 10 Ton) Bina Marga, data besaran nilai VDF disajikan dalam bentuk Tabel 1 Nilai *VDF* menurut Bina Marga MST-10.

Tabel 1 Nilai VDF menurut Bina Marga MST-10

No	Type Kendaraan & Golongan			Nilai VDF
	Tipe Kendaraan	Golongan	Konfigurasi Sumbu	
1	Mobil Penumpang	2,3,4	1 .1	0,0005
2	Truck 2 As Medium	5	1.2	0,2174
3	Bus Kecil	5a	1.2	0,2174
4	Bus Besar	5b	1.2	0,3006
5	Truck 2 As Besar	6	1.2H	2.4134
6	Truck 3 As	7a	1.2 + 2.2	2.7416
7	Truck Gandeng	7b	1.2.2 + 2	3.9083
8	Trailer	7c	1.2.2+2.2	4.1546

(Sumber : Bina Marga,1983)

#### 2.4.4 Nilai *ESAL*

Nilai beban sumbu kendaraan (*ESAL*) dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$E = LHR \times \text{Nilai } VDF \quad (3)$$

dengan :

LHR = Jumlah Kendaraan Selama 24 Jam



Nilai  $VDF$  = Diperoleh berdasarkan Tabel 1 Nilai  $VDF$

#### 2.4.5 Nilai Komulatif $ESAL$ ( $W18$ )

Nilai *Ekuivalent Standard Axle Load* ( $ESAL$ ) dari tiap jenis kendaraan dijumlahkan untuk mendapatkan nilai komulatif  $ESAL$ , setelah nilai komulatif didapat selanjutnya dianalisa menggunakan rumus *traffic design*. Rumus *traffic design* menurut metode *AASHTO 1993* dapat dilihat pada persamaan berikut ini :

$$W18 = \sum_{Nt}^{Nn} LHRj \times VDFj \times DD \times DI \times 365 \quad (4)$$

dengan :

$W18$  = *traffic design* pada jalur lalu lintas ( $ESAL$ )

$LHRj$  = Jumlah lalu lintas harian rata-rata

$VDFj$  = *Vehicle Damage Factor* tiap jenis kendaraan sesuai Tabel 1

$Dd$  = Faktor distribusi arah (sesuai Ketentuan *AASHTO 1993*)

$DI$  = Faktor distribusi lajur (sesuai Tabel 2)

$Nn$  = Lalu lintas pada tahun pertama dibuka

$Nt$  = Lalu lintas pada akhir umur rencana

Tabel 2 Faktor distribusi lajur

Jumlah lajur setiap arah	DI (%)
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

(Sumber : Bina Marga MST-10)

#### 2.4.6 Umur Sisa Perkerasan Jalan (*Remaining Life*)

Suatu perkerasan jalan memiliki umur yang mempengaruhi terhadap kemampuan pelayanan jalan, Beban kendaraan yang secara berulang-ulang mampu merusak perkerasan, Sehingga perkerasan tersebut mengalami keruntuhan (*failure*). Untuk menentukan sisa umur perkerasan Jalan dapat digunakan rumus *Remainingt Life* ( $RL$ ) menurut *AASHTO 1993* berikut ini:

$$RL = 100 \left[ 1 - \left( \frac{Np}{N_{18}} \right) \right] \quad (5)$$

dengan :

$RL$  = *Remaining Life* (%)

$Np$  = Total Kendaraan yang melewati perkerasan ( $ESAL$ )

$N_{18}$  = Total Kendaraan pada kondisi umur akhir (*failure*) ( $ESAL$ )

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Lalu lintas Harian Rata-rata

Data Hasil Survei lalu lintas pada tahun 2018 selama 16 jam dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini :

Tabel 3 Rekapitulasi hasil survei lalu lintas

No	Jenis Kendaraan	Golongan Kendaraan	LHR 2018
1	Mobil Penumpang	2,3,4	17200
2	Bus Kecil	5a	661
3	Bus Besar	5b	1115
4	Truck 2 As Ringan	6a	1780
5	Truck 2 As Berat	6b	769
6	Truck 3 As Berat	7a	916
7	Truck Gandeng	7b	237
8	Trailer	7c	348

Hasil perhitungan nilai LHR untuk mobil penumpang dapat dilihat sebagai berikut :

$$VJR = \frac{17200}{16} \times 24 = 25800 \text{ kendaraan/ hari}$$

Maka nilai LHR untuk mobil penumpang adalah 25.800 kendaraan/ hari. Hasil perhitungan seluruh kendaraan dapat dilihat pada tabel 4 berikut ini :

Tabel 4 Nilai LHR tahun 2015 dan 2018 seluruh kendaraan

No	Jenis Kendaraan	Golongan Kendaraan	2015	2018
			Kendaraan/hari	Kendaraan/hari
1	Mobil Penumpang	2,3,4	21860	25800,0
2	Bus Kecil	5a	1245	991,5
3	Bus Besar	5b	2382	1672,5
4	Truck 2 As Ringan	6a	1036	2670,0
5	Truck 2 As Berat	6b	3725	1153,5
6	Truck 3 As Berat	7a	916	1374,0
7	Truck Gandeng	7b	237	355,5
8	Trailer	7c	348	522,0
LHR total			31749	34539,0

### 3.2 Pertumbuhan Lalu lintas

Nilai pertumbuhan Lalu lintas di Jalan Ahmad Yani mulai tahun 2015- 2018 dihitung dengan Rumus 2 sebagai berikut :

LHRn : 25800 kend/hari (dari data LHR, tahun 2018)

LHR1 : 21860 kend/hari (dari data LHR<sub>1</sub> tahun 2015)

$$i = \left( \frac{25800}{21860} \right)^3 - 1 = 5,67$$

Maka nilai pertumbuhan lalu lintas selama 3 tahun untuk mobil penumpang pada tahun 2015 – 2018 sebesar 5,67. Nilai pertumbuhan lalu lintas keseluruhan dapat dilihat pada tabel 5 berikut ini :

Tabel 5 Nilai pertumbuhan lalu lintas kendaraan

No	Jenis Kendaraan	Golongan Kendaraan	Angka Pertumbuhan (%/3Th)	Angka Pertumbuhan (%/Th)
1	Mobil Penumpang	2,3,4	5,679280903	1,893093634
2	Bus Kecil	5a	7,308241303	2,436080434
3	Bus Besar	5b	11,11916559	3,70638853
4	Truck 2 As Ringan	6a	37,10411886	12,36803962
5	Truck 2 As Berat	6b	32,3454348	10,7818116
6	Truck 3 As Berat	7a	14,47142426	4,823808085
7	Truck Gandeng	7b	14,47142426	4,823808085
8	Trailer	7c	14,47142426	4,823808085
$\Sigma$				45,65683807

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai pertumbuhan lalu lintas pertahun untuk seluruh jenis kendaraan sebesar 45,65%/tahun.

### 3.3 Nilai *ESAL*

Nilai *ESAL* digunakan untuk menentukan beban sumbu kendaraan yang dihitung menggunakan Rumus 3, sehingga untuk mobil penumpang di tahun 2015 dapat dilihat pada perhitungan berikut ini :

$$E = 21860 \times 0,0005 = 10,930$$

Setelah nilai esal seluruh kendaraan diperoleh kemudian di jumlahkan seluruhnya hingga diperoleh nilai Total *ESAL*. Contoh hasil perhitungan *ESAL* keseluruhan kendaraan di tahun 2015 dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini :

Tabel 6 Perhitungan *ESAL* ditahun 2015

No	Jenis Kendaraan	Jumlah LHR 2016	AE(SAL)	ESAL
1	Mobil Penumpang	31697,0	0,0005	15,849
2	Bus Kecil	1805,3	0,2174	392,461
3	Bus Besar	3453,9	0,3006	1038,242
4	Truck 2 As Ringan	1502,2	0,2174	326,578
5	Truck 2 As Berat	5401,3	2,4134	13035,377
6	Truck 3 As Berat	1328,2	2,7416	3641,393
7	Truck Gandeng (4 & 5) As	343,7	3,9083	1343,087
8	Trailer	504,6	4,1546	2096,411
Total ESAL				21889,399
W18 =				3994815,28

### 3.4 Nilai Kumulatif *ESAL (W18)*

Nilai kumulatif ESAL didapatkan dari nilai Total ESAL (seluruh kendaraan dalam satu tahun) dikalikan dengan nilai VDFj, LHR, DD, Dj dan 365 (lihat Rumus 4). Contoh perhitungan kumulatif *ESAL* tahun 2015 berikut ini :

$$W18 = \sum_{Nt}^{Nn} 15096,137 \times 0,5 \times 1 \times 365 = 2755045,021$$

Maka nilai kumulatif *ESAL (W18)* pada tahun 2015 sebesar 2755045,021.

### 3.5 *Remaining Life*

Umur sisa perkerasan jalan (*Remaining Life*) dihitung berdasarkan data primer dan sekunder, yaitu data rencana ditahun 2015 dibandingkan dengan data ditahun 2018 dengan mencari beban kendaraan yang melintasi jalan tersebut dalam keadaan normal. Penurunan umur sisa jalan dapat dilihat pada Tabel 7 Penurunan Umur sisa Perkerasan berikut ini :

Tabel 7 Penurunan umur sisa Perkerasan

UR	Tahun	Kumulatif ESAL	Remaining Life (%)	Keterangan
0	2015	2755045,02	99,192	Tahun Rencana
1	2016	3994815,28	98,778	
2	2017	1439833,014	94,874	
3	2018	2084255,987	92,580	Tahun Penelitian
4	2019	3022171,181	89,241	
5	2020	4382148,212	84,399	

Tabel 7 Lanjutan

UR	Tahun	Kumulatif ESAL	Remaining Life (%)	Keterangan
6	2021	6354114,908	77,378	
7	2022	9213466,617	67,198	
8	2023	13359526,59	52,438	
9	2024	19371313,56	31,034	
10	2025	28088404,66	0,000	Tahun Akhir

Dari Tabel di atas dapat dilihat bahwa penurunan umur sisa perkerasan mulai tahun 2015 hingga tahun 2018 sebesar 8% dengan nilai *remaining life* sebesar 92,58% dalam kurun waktu 3 tahun. Apabila dilihat setiap tahunnya terjadi penurunan umur sisa sebesar 2%. Penurunan yang terjadi nilainya kecil sehingga tidak berpengaruh terhadap kerusakan dini, dikarenakan umur rencananya tetap akan habis pada Tahun 2025 dan masih aman hingga 7 tahun kedepan.

#### 4. PENUTUP

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- Jumlah kendaraan pada tahun 2015 sebanyak 31.749 kendaraan/24jam yang digunakan sebagai tahun rencana perkerasan hingga tahun 2018 dengan jumlah kendaraan sebanyak 34.539 kendaraan/24jam yang mengalami peningkatan jumlah kendaraan, sehingga berpengaruh terhadap kondisi perkerasan yang ada.
- Nilai pertumbuhan rata-rata lalu lintas di Jalan Ahmad Yani sebesar 45,6% per tahun, dimana kendaraan mengalami peningkatan di setiap tahunnya sehingga Jalan Ahmad Yani Semakin padat dan dipenuhi Kendaraan Bermotor.
- Berdasarkan hasil penelitian Jalan Ahmad Yani yang direncanakan pada tahun 2015, terjadi perubahan volume lalu lintas di tahun 2018, sehingga yang mengakibatkan penurunan sisa umur perkerasan sebesar 8% dengan nilai *remaining life* sebesar 92,58% dalam kurun waktu 3 tahun. Perubahan pada jalan tersebut tidak mengindikasikan terjadinya kerusakan dini, diakibatkan terjadinya penurunan yang kecil di setiap tahunnya.

##### 4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran sebagai berikut :

- Perlu dilakukan perawatan Jalan Ahmad Yani secara rutin dan berkala, terlebih Jalan ini merupakan akses Jalan Nasional yang memiliki fungsi penting sebagai penunjang perpindahan transportasi.
- Perlu dilakukan analisis dengan metode yang lain untuk membandingkan hasil penelitian yang diperoleh.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_. 2004. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan*. Pemerintah Republik Indonesia. Jakarta. 43 hlm.
- AASHTO. 1993. *AASHTO Guide For Design of Pavement Structure*. Washington, D.C. 629 hlm.
- Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. 2004. *Survei Pencacahan Lalu lintas dengan cara Manual Pd.T-19-2004-B*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta. 27 hlm.
- Ditjen Binamarga. 2013. *Manual Desain Perkerasan Jalan No 02/M/BM Tahun 2013*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta. 187 hlm.
- Riyanto, Agus. 1996. *Diktat Jalan Raya III*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.